



UNIVERSIDAD  
COMPLUTENSE  
MADRID

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y  
EMPRESARIALES**

**MÁSTER EN CIENCIAS ACTUARIALES Y  
FINANCIERAS**

**TRABAJO DE FIN DE MÁSTER**

**TÍTULO:** *Las cuentas nocionales como alternativa del sistema de pensiones por jubilación.*

**AUTOR:** *Julián García Bernal*

**TUTOR:** *María Mercedes Pavón Bautista*

**CURSO ACADÉMICO:** *2019/2020*

**CONVOCATORIA:** *Junio*

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	2
2. LA POBLACIÓN Y DEMOGRAFÍA EN ESPAÑA .....	3
2.1. Evolución histórica .....	3
2.2. La proyección de la demografía española a medio y largo plazo .....	6
3. SITUACIÓN ECONÓMICA DE LA SEGURIDAD SOCIAL ESPAÑOLA .....	10
4. LAS CUENTAS NOCIONALES.....	12
4.1. Definición.....	12
4.2. Cálculo de la pensión por jubilación .....	13
4.3. Generación de Escenarios: Movimiento Browniano Aditivo.....	15
4.4. Datos .....	18
4.5. Hipótesis.....	18
4.6. Resultados .....	20
5. TRANSICIÓN HACIA UN SISTEMA DE PENSIONES POR JUBILACIÓN BASADO EN CUENTAS NOCIONALES .....	26
6. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE UN SISTEMA DE CUENTAS NOCIONALES.....	27
7. CONCLUSIÓN.....	29
8. BIBLIOGRAFÍA .....	31
9. ANEXOS.....	33

## ***1. INTRODUCCIÓN***

La Seguridad Social española atraviesa uno de los peores momentos de su historia. De su salud dependen aspectos tan importantes en la vida cotidiana de los ciudadanos como las prestaciones por jubilación, incapacidad, orfandad, viudedad, etc. Este trabajo se centra en las prestaciones por jubilación, debido al gran impacto que tienen sobre la Seguridad Social, ya que representan más del 70% del gasto de las prestaciones contributivas.

La gran recesión económica sufrida en España como consecuencia de la crisis financiera iniciada en 2008 y el estallido de la burbuja inmobiliaria, unida al progresivo envejecimiento de la población debido al aumento de la esperanza de vida como consecuencia de los avances científicos, especialmente en materia de sanidad, y el descenso considerable de la natalidad ponen en entredicho el futuro de las pensiones por jubilación tal y como se conocen hoy en día.

En este trabajo se propone el modelo basado en las Cuentas Nacionales como alternativa al cálculo de las prestaciones por jubilación. Para ello, inicialmente se realiza un breve análisis de la evolución histórica de la demografía en España y su proyección en el futuro. Además, se analiza la situación económico-financiera actual de la Seguridad Social.

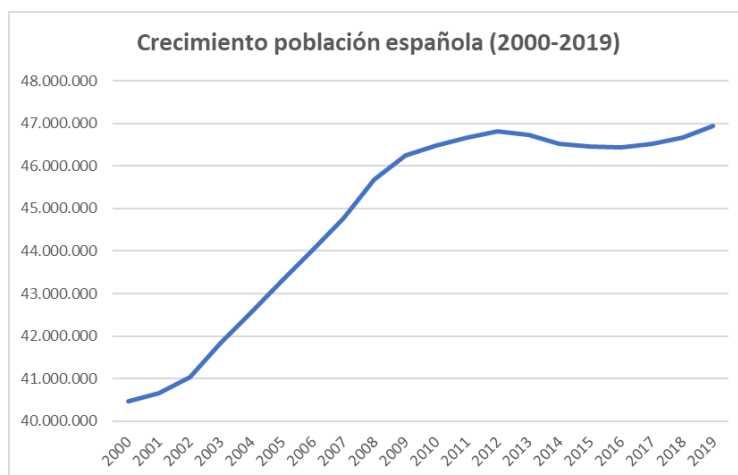
Una vez analizado el contexto social y económico, se define y propone el sistema basado en las Cuentas Nacionales como método para el cálculo de las prestaciones por jubilación. Adicionalmente, se exponen los resultados de los cálculos realizados para el valor de las pensiones por jubilación medias anuales en España y su tasa de sustitución o reemplazo, en función de las distintas edades de jubilación propuestas (65, 67 y 70 años) y de los distintos niveles de cotización para jubilación (10% y 15%). Para el cálculo es necesario la estimación del crecimiento del PIB. Dicha estimación se realiza usando la técnica del Movimiento Browniano Aditivo. Asimismo, se detalla un posible modelo de transición del sistema de pensiones actual hacia el modelo de las Cuentas Nacionales propuesto. Por último, se enumeran las ventajas y desventajas que posee el modelo de las Cuentas Nacionales.

## 2. LA POBLACIÓN Y DEMOGRAFÍA EN ESPAÑA

Una de las variables más importantes a tener en cuenta para un sistema de Seguridad Social es, sin duda, la población. La población está en constante evolución y cambio, ya que es el reflejo de numerosos acontecimientos tanto económicos, sociales, sanitarios, etc. Muñoz, (2000). Es un hecho constatado que la población española está sufriendo un progresivo envejecimiento, Pérez, (2010). En este apartado se va a realizar un breve análisis de cómo ha evolucionado la población española en las últimas décadas y cómo se estima que va a evolucionar en el futuro.

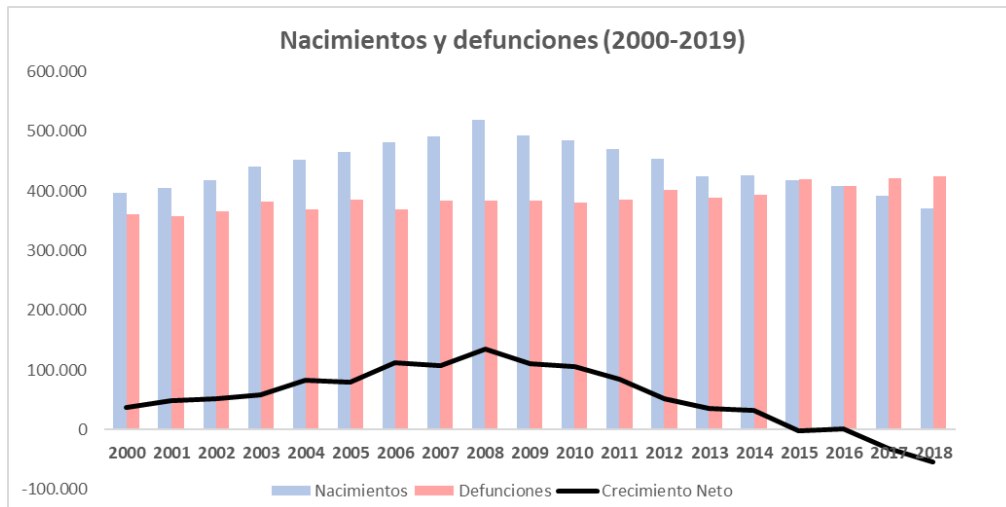
### 2.1. Evolución histórica

No cabe duda de que en la segunda mitad del siglo XX la población mundial y, concretamente la española, crecieron considerablemente. Este crecimiento no ha parado en las dos primeras décadas del siglo XXI, donde la población española ha experimentado un crecimiento de más de 6 millones de personas, tal y como se puede observar en siguiente gráfico.



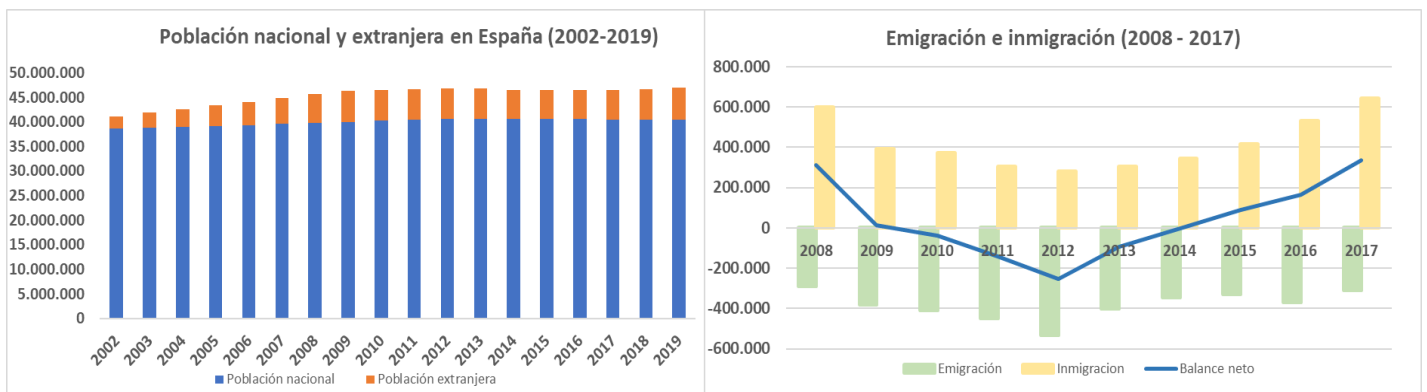
**Gráfico 1:** Crecimiento población española (2000-2019). **Fuente:** INE.

El siguiente gráfico aporta información sobre los nacimientos y defunciones que han tenido lugar para este mismo periodo.



**Gráfico 2:** Nacimientos y defunciones (2000-2019). **Fuente:** INE.

Se puede apreciar como desde el año 2015 el número de defunciones ha sido superior al de nacimientos. A pesar de este fenómeno, la población española ha continuado creciendo. Esto es debido al factor de la inmigración. En los últimos años el número de inmigrantes con respecto al número de españoles ha ido creciendo progresivamente, Cuadrado, (2014).



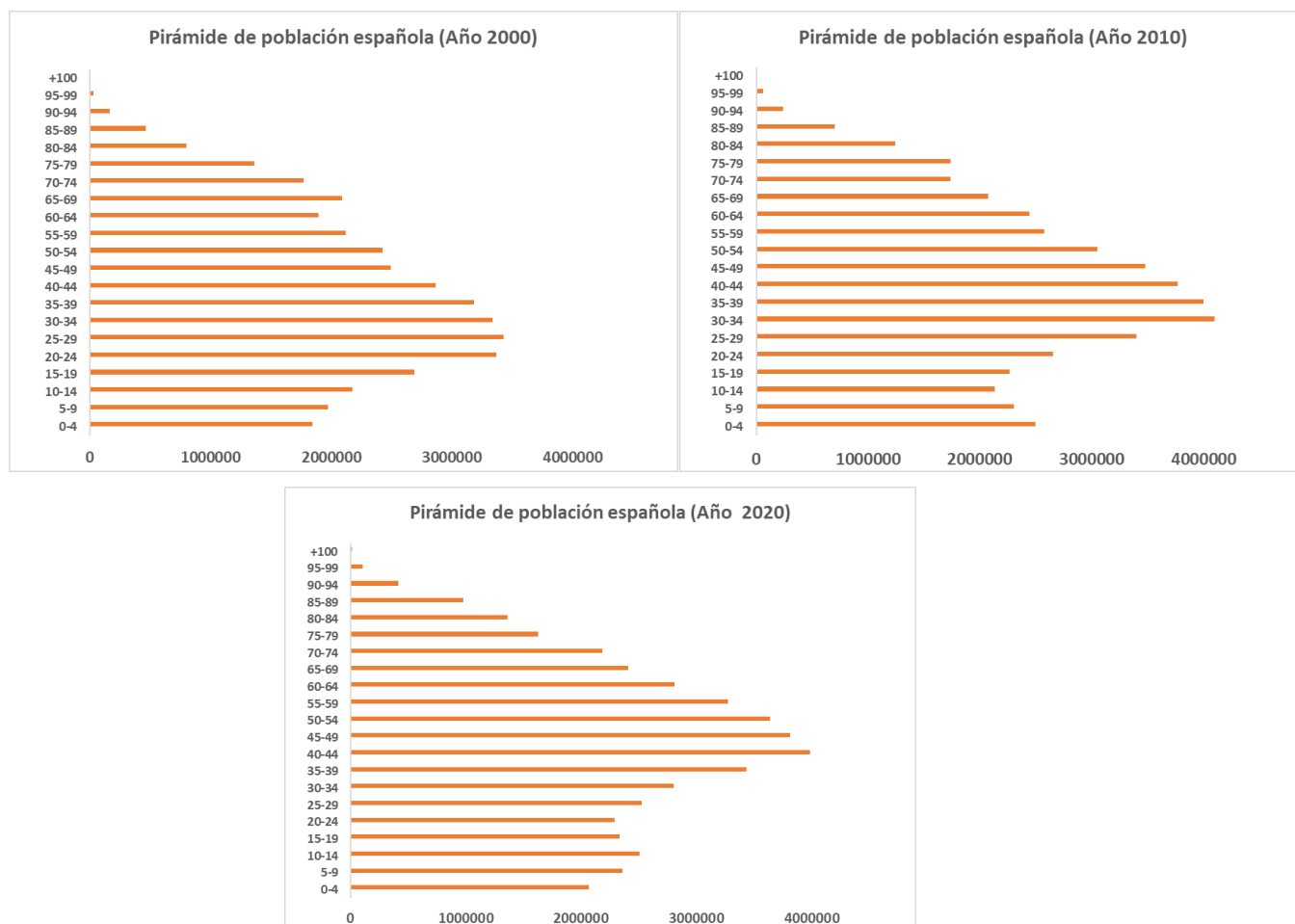
**Gráfico 3:** Población nacional y extranjera en España (2002-2019). **Fuente:** Eurostat.

**Gráfico 4:** Emigración e inmigración (2008-2017). **Fuente:** Eurostat.

En el gráfico anterior se puede observar que salvo entre los años 2010 y 2013, donde la crisis económica afectó duramente al país, se ha experimentado una mayor inmigración que emigración, lo que se traduce en un aumento neto de la población. Esto ha permitido

que la población española haya aumentado incluso en los años más recientes, donde las defunciones han superado a los nacimientos.

En cuanto a la distribución demográfica por edades, los datos son alarmantes, ya que la pirámide de población se está invirtiendo. Esto pone de manifiesto el envejecimiento de la población.

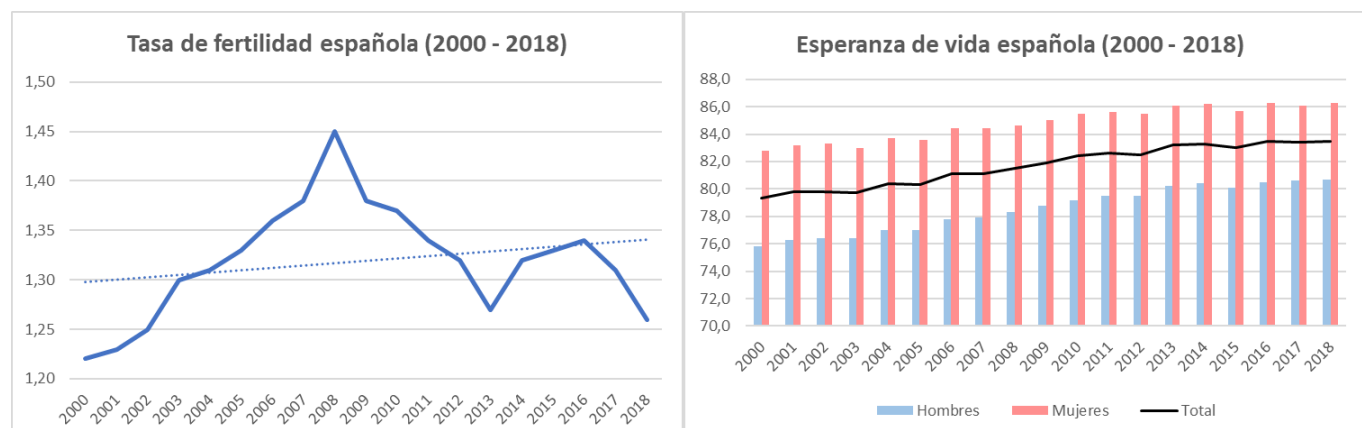


**Gráfico 5, 6 y 7:** Pirámide de población total (masculina y femenina) (2000, 2010 y 2020). **Fuente:** Eurostat.

En los gráficos se aprecia claramente como la base se va estrechando a medida que la parte superior está ensanchando, por lo que no hay ninguna duda del fenómeno de la inversión de la pirámide poblacional. Los tramos de mayor de concentración de la población son los de las edades centrales, que representa a las personas nacidas durante los años 60, en lo que se conoce como la generación del *baby boom*.

El descenso de la natalidad, condicionado en gran parte por la creciente incorporación de la mujer en el ámbito laboral, unido a una reducción de las tasas de mortalidad, como consecuencia de los avances científicos en materia de salud, han sido los factores más

determinantes para dicha inversión de la pirámide poblacional, Ayuso y Holzmann, (2014).



**Gráfico 8:** Tasa de fertilidad española (2000 - 2018). **Fuente:** Eurostat.

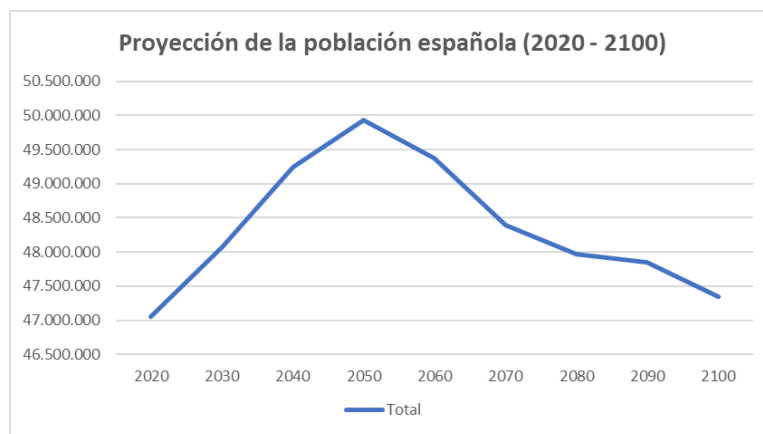
**Gráfico 9:** Esperanza de vida española (2000 - 2018). **Fuente:** Eurostat.

Los gráficos anteriores constatan cómo la tendencia de la tasa de fertilidad es ligeramente positiva, aunque en los últimos años ha caído pronunciadamente. En cuanto al gráfico relativo a la esperanza de vida, se puede apreciar cómo esta ha aumentado en casi cinco años en las últimas dos décadas. La consecuencia inmediata de este efecto ha sido la inversión de la pirámide poblacional española.

## 2.2. La proyección de la demografía española a medio y largo plazo

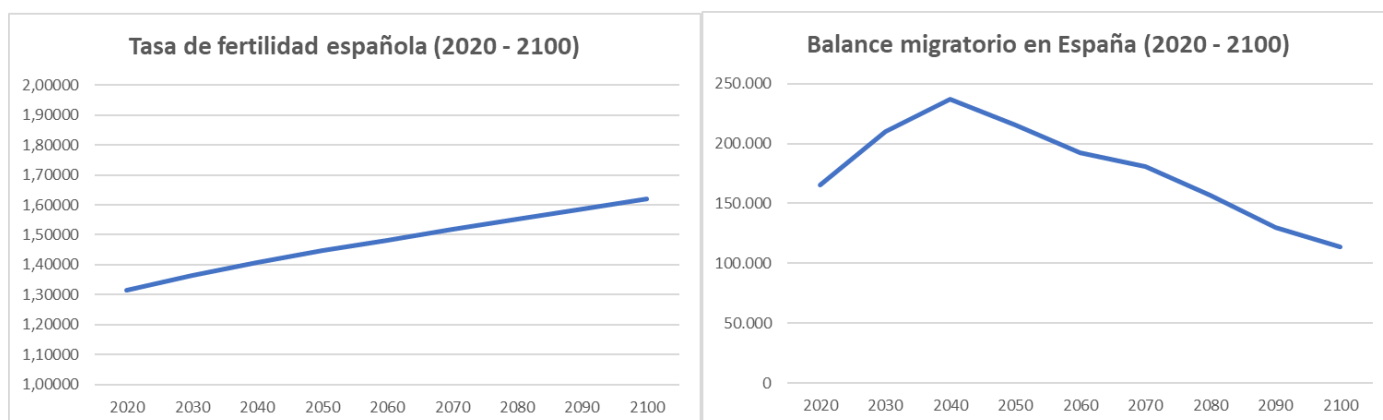
Un sistema de Seguridad Social necesita prever con la suficiente antelación la evolución de la demografía. De la precisión de dichas predicciones depende en gran medida la eficiencia de un sistema de Seguridad Social, ya que debe predecir el futuro para poder gestionar bien los recursos de los que dispone. ¿Qué ocurrirá entonces, con la población española? ¿Continuará con la tendencia observada en los primeros años del siglo XXI?

En primer lugar, hay que analizar qué ocurrirá con el número de habitantes en el país. Las predicciones apuntan a una estabilización de la población. Se estima que la población no crezca más de unos 500.000 habitantes hasta finales de siglo XXI, tal y como se puede apreciar en el siguiente gráfico, Sánchez, (2013).



**Gráfico 10:** Proyección de la población española (2020 - 2100). **Fuente:** Eurostat.

Sin embargo, además del número de habitantes, es necesario saber cómo se distribuye dicha población. Para ello es importante realizar un análisis de factores tan importantes como la tasa de fertilidad, las migraciones y la esperanza de vida.



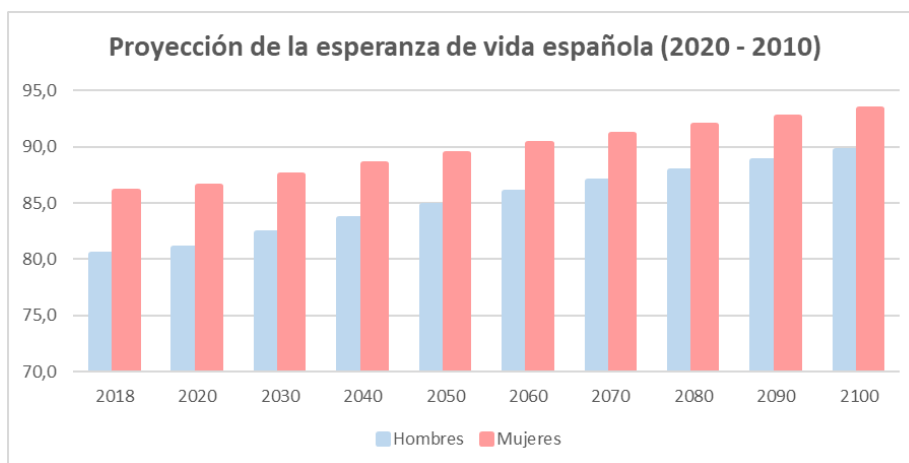
**Gráfico 11:** Tasa de fertilidad española (2020 - 2100). **Fuente:** Eurostat.

**Gráfico 12:** Balance migratorio en España (2020 - 2100). **Fuente:** Eurostat.

Se prevé un ligero crecimiento de la tasa de fertilidad, aunque este dato quedará aún lejos de los dos hijos por mujer, por lo que no se espera un rejuvenecimiento de la población. En cuanto al balance migratorio, se espera una bajada considerable del mismo, pese a que continuará siendo positivo, es decir, el número de inmigraciones seguirá siendo superior al de emigraciones y ayudará a que la población crezca, aunque no lo suficiente como para contrarrestar el efecto del mayor número de fallecimientos que el de nacimientos, Sánchez, (2013).



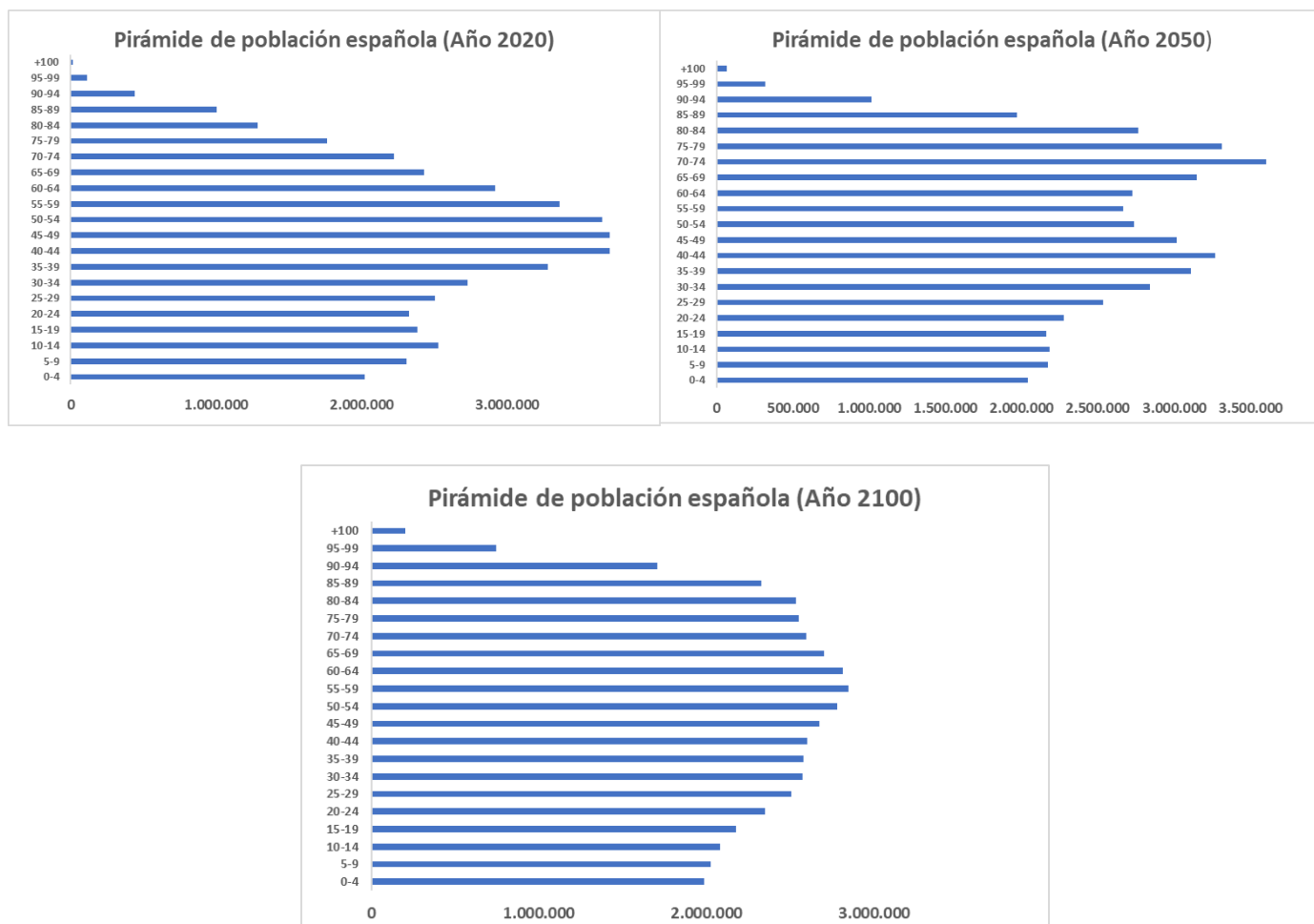
Se estima que la esperanza de vida continúe con su tendencia positiva. El siguiente gráfico muestra los datos relativos a este aumento de la esperanza de vida.



**Gráfico 13:** Proyección de la esperanza de vida española (2020 - 2100). **Fuente:** Eurostat.

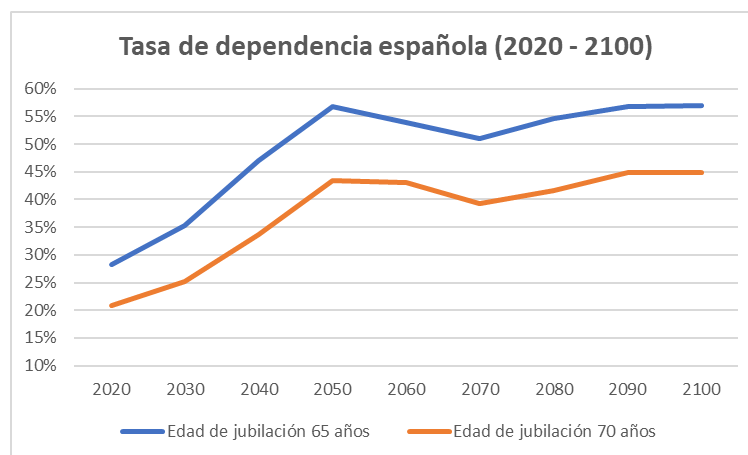
Cabe destacar dos aspectos importantes sobre la información que aporta el gráfico anterior. La primera, es el aumento considerable de la esperanza de vida en lo que resta de siglo, llegando a ser la esperanza de vida para los nacidos en el año 2100 de 89,6 años para los hombres, y de 93,3 años para las mujeres. Esto supone un incremento de más de 9 años de esperanza de vida para los hombres y de 7 años para las mujeres. En segundo lugar, se puede apreciar cómo la diferencia de la esperanza de vida entre ambos sexos se va reduciendo paulatinamente, no obstante, seguirá habiendo una diferencia de casi 4 años de esperanza de vida entre hombres y mujeres.

Estos datos ayudan a comprender el comportamiento que va a tener la demografía en España en los próximos años. El ligero crecimiento de la tasa de fertilidad, unido al descenso del balance migratorio, y el gran aumento de la esperanza de vida, pone de manifiesto el claro envejecimiento de la población. En el siguiente gráfico se muestra la evolución de la pirámide poblacional en el siglo XXI, Garvi y Peláez, (2009).



**Gráfico 14, 15 y 16:** Pirámide de población total (masculina y femenina) (2020, 2050 y 2100). **Fuente:** Eurostat

Teniendo en cuenta los datos de los gráficos anteriores de la pirámide poblacional, no cabe ninguna duda de que la población va a continuar envejeciendo. La pirámide va a adoptar una forma similar a la de un cuadrado, Sánchez, (2013). Esto supone un autentico problema para la Seguridad Social, ya que esta situación se va a traducir en un aumento del gasto muy superior al aumento de los ingresos.



**Gráfico 17:** Tasa de dependencia española (2020 - 2100). **Fuente:** Eurostat

Se espera que la tasa de dependencia, que se define como la proporción entre la población en edad de jubilación y la población activa, crezca de forma pronunciada y esto afectará al sistema de Seguridad Social mediante un aumento del gasto debido a que el número de pensionistas aumentará y la presión sobre la población activa será muy fuerte si se continúa con el modelo de Seguridad Social actual, San Miguel y González, (2001). Por esto parece incuestionable que el modelo de Seguridad Social actual es inviable ante esta situación futura.

### ***3. SITUACIÓN ECONÓMICA DE LA SEGURIDAD SOCIAL ESPAÑOLA***

La crisis financiera iniciada en el 2008 provocó un fuerte desequilibrio económico de la Seguridad Social, algo que puede poner en peligro las pensiones por jubilación futuras, Herce y Olmo, (2017). En este apartado se van a analizar algunas de las variables más importantes que evidencian la mencionada debilitación de la Seguridad Social.

En primer lugar, para poder tener una buena perspectiva del alcance del problema, y de abordar posibles soluciones, es importante conocer en qué medida las prestaciones por jubilación tienen un impacto sobre la Seguridad Social, de la Fuente et al., (2017).

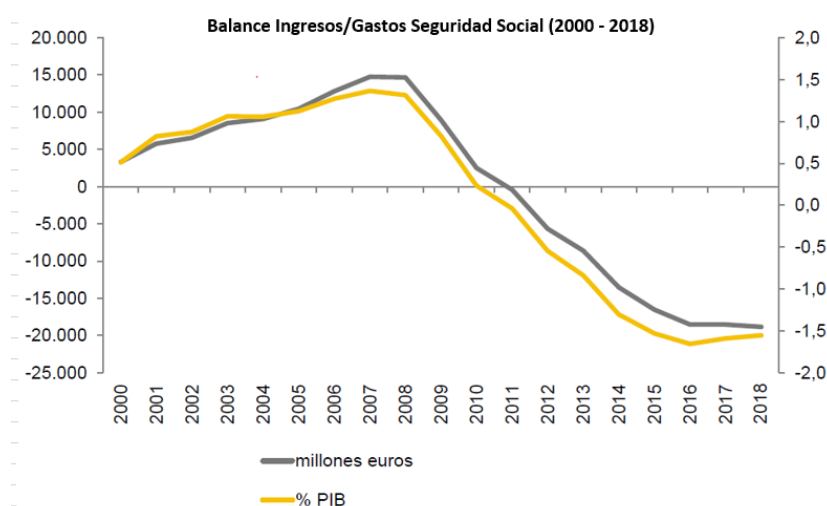


**Gráfico 18:** Porcentaje del Gasto de prestaciones contributivas de la SS. **Fuente:** Seguridad Social.

En el gráfico anterior destaca el fuerte impacto que tiene la prestación por jubilación en relación con el resto de las prestaciones contributivas. Más de un 70% del gasto en prestaciones contributivas está relacionado con la pensión de jubilación. Existe una

relación de retroalimentación entre las pensiones de jubilación y la salud de la Seguridad Social, ya que un buen estado de la Seguridad Social permitirá una mayor seguridad de los ciudadanos de disponer de mejores pensiones y, por otro lado, un sistema de pensiones equilibrado será determinante para un buen sistema de Seguridad Social.

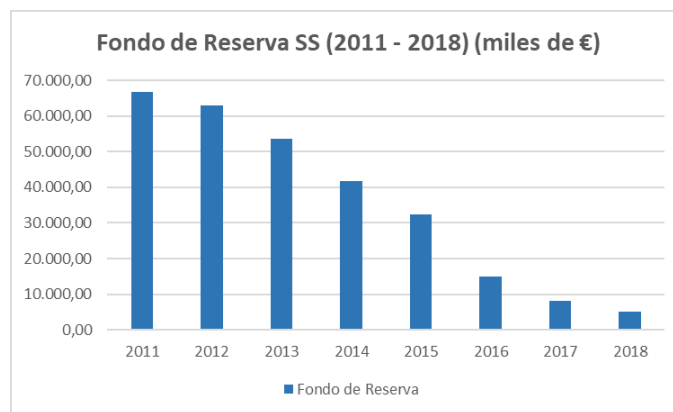
La crisis financiera sufrida en la última década ha puesto en jaque el sistema de Seguridad Social. El gran aumento de las tasas de paro, que incluso llegó a pasar la barrera del 25%, provocó una gran disminución de los ingresos de la Seguridad Social, mientras que los gastos siguieron aumentando.



**Gráfico 19:** Balance Ingresos/Gastos Seguridad Social. **Fuente:** Seguridad Social.

Como consecuencia de lo mencionado anteriormente, la balanza neta de la Seguridad Social se desplomó, tal y como se puede apreciar en el gráfico anterior. A partir del año 2010, el saldo es negativo, y pese a la mejora de la economía en los últimos años, la situación no ha mejorado para la Seguridad Social. Como consecuencia, la situación de la Seguridad Social cada vez es más crítica.

El continuo saldo negativo de la Seguridad Social tuvo consecuencias muy importantes para el Fondo de Reserva. El Fondo de Reserva se creó tras el Pacto de Toledo, como medida de ahorro para atender necesidades futuras en materia de prestaciones contributivas y con el fin de atenuar los efectos de los ciclos económicos, Crespo et al., (2014). En la última década se ha utilizado este Fondo de Reserva para poder hacer frente a las obligaciones de la Seguridad Social.



**Gráfico 20:** Fondo de Reserva SS (2011 – 2018). **Fuente:** Seguridad Social.

Como se puede observar en el gráfico anterior el Fondo de Reserva ha disminuido progresivamente año tras año, hasta llegar prácticamente a cero. Esto supone un verdadero reto para afrontar las prestaciones futuras.

Por tanto, tras analizar la evolución demográfica de la población y la situación económica de la Seguridad Social en la actualidad y, teniendo en cuenta el gran impacto que suponen las prestaciones por jubilación en la misma, parece evidente la necesidad de establecer un sistema de pensiones que garantice el buen estado de la Seguridad Social. Para ello en este trabajo se va a analizar una posible alternativa en el cálculo de las pensiones por jubilación que son las Cuentas Nocionales.

## **4. LAS CUENTAS NOCIONALES**

### **4.1. Definición**

Una cuenta nocial se define como una cuenta virtual en la cual se recogen las aportaciones individuales de cada persona que cotiza para la misma que además integra los rendimientos ficticios que se han ido generando a lo largo de la vida laboral del trabajador o cotizante, Vidal-Meliá et al., (2002).

De este modo, a lo largo de la vida de un trabajador se crea una cuenta ficticia que recoge todas sus aportaciones realizadas hasta la edad de jubilación. Estas aportaciones generan, paulatinamente y de forma ficticia, unos rendimientos. Estos rendimientos pueden ser objeto de diferentes variables económicas tales como la tasa del crecimiento del PIB, la tasa de variación de los salarios, la inflación, etc.

Por tanto, una vez alcanzada la edad de jubilación se determina el denominado fondo nominal acumulado, que está integrado por las aportaciones realizadas a lo largo de la vida laboral del individuo más los rendimientos acumulados al tanto nocional correspondiente. El tanto nocional es el elemento que permite que el capital acumulado aumente o disminuya en función de la variable económica seleccionada, por lo que en momentos de estabilidad económica aumentará y en los momentos de recesión económica disminuirá. La forma más común de obtener este fondo nominal acumulado es en forma de renta vitalicia, pero podría realizarse en cualquier otra forma, ya sea como capital único, renta temporal, etc. En función de la forma elegida para obtener ese fondo de capital se realizará la correspondiente equivalencia actuarial que determinará el importe de la misma. Esto implica que la renta que se cobrará no solo dependerá del montante acumulado, sino que también dependerá de factores como la esperanza de vida, la mortalidad y el tipo de interés técnico.

Sin embargo, hay que destacar la condición de cuenta virtual o ficticia que poseen las cuentas nocionales. Es importante entender que realmente no existe ningún depósito en una cuenta real de las contribuciones de los trabajadores, Cichón, (1999). Esto implica que no existe ningún respaldo de tipo económico sobre esta cuenta. Consecuentemente, las rentas o prestaciones por jubilación que cobrarán los individuos se financiarán mediante un sistema de reparto, es decir, cada año se gastarán las aportaciones recaudadas, Vidal-Meliá et al., (2002). Esto hace que la utilidad de las cuentas nocionales no sea otra que la de cambiar la forma de calcular las cuantías de las prestaciones por jubilación, que permitirá una mayor sostenibilidad del sistema de pensiones gracias a la incorporación de factores tan importantes como el tanto nocional, la mortalidad y la esperanza de vida de los individuos.

#### ***4.2. Cálculo de la pensión por jubilación***

Para este trabajo se va a utilizar la fórmula propuesta por Vidal-Meliá et al. (2005) que se ha utilizado en numerosos estudios y que está avalada por el Ministerio de Trabajo en el informe elaborado en 2007 titulado “Mejora de la equidad y sostenibilidad financiera del sistema público español de pensiones de jubilación mediante el empleo de cuentas nocionales de aportación definida *NDCs*”, Boado et al., (2007).

Dicho modelo calcula la pensión inicial del trabajador teniendo en cuenta las contribuciones que ha realizado desde su inicio en el mercado laboral, con su correspondiente rendimiento al tanto nocional, y aplicándole la correspondiente equivalencia actuarial para una renta vitalicia a la edad de jubilación.

La fórmula es la siguiente:

$$\overbrace{\sum_{x=X_a}^{x_j-1} TC_x ST_x \prod_{i=x}^{x_j-1} (1+r_i)}^{K = \text{Fondo Nocional}} = P_{x_j} \ddot{a}_{x_j}^{\beta}$$

Donde:

- $TC_x$ : Tipo de cotización a la edad  $x$ . Es el porcentaje que se le aplica a la base de cotización.
- $ST_x$ : Base de cotización para la contingencia de jubilación a la edad  $x$ .
- $TC_x ST_x$ : Cotización efectiva para la edad  $x$ .
- $X_a$ : Edad de entrada al mercado laboral.
- $X_j$ : Edad de jubilación.
- $\ddot{a}_{x_j}^{\beta}$ : Valor actual actuarial de una renta vitalicia con progresión geométrica  $1+\beta$ .
- $P_{x_j}$ : Pensión inicial a la edad de jubilación.
- $K$ : Fondo nocional acumulado del individuo hasta la edad de jubilación.

Despejando en la ecuación anterior se obtiene la expresión para el cálculo de la pensión inicial para la prestación de jubilación de un individuo a la edad de jubilación.

$$P_{x_j} = \frac{K}{\ddot{a}_{x_j}^{\beta}}$$

### 4.3. *Generación de Escenarios: Movimiento Browniano Aditivo*

Uno de los elementos más importantes para el cálculo de las cuentas nocionales es el tanto nocional. Este tanto nocional depende de factores económicos tales como la tasa de crecimiento del PIB, la variación de salarios, la inflación, etc.

En este trabajo se va a utilizar la tasa del crecimiento del PIB como tanto nocional. Uno de los problemas a la hora de estimar el cálculo de una pensión por jubilación de un individuo es la de la estimación del tanto nocional, ya que se trata de una variable futura, de la cual no hay datos exactos y que por tanto tienen que ser estimados. La precisión de esta estimación resulta compleja debido a las fluctuaciones económicas que sufren las variables económicas a lo largo de los años.

Como solución a este problema y con el fin de poder obtener unos resultados lo más fiable posibles se opta por la utilización de un modelo de generación de escenarios. Este modelo consiste en obtener trayectorias, en este caso, para la tasa de crecimiento del PIB, que sigan un proceso estocástico. Concretamente, se va a utilizar un modelo browniano aditivo, Boado et al., (2007), que se rige por la siguiente expresión:

$$I_t^S = \mu_t + \lambda_t^S \sigma_I$$

Donde:

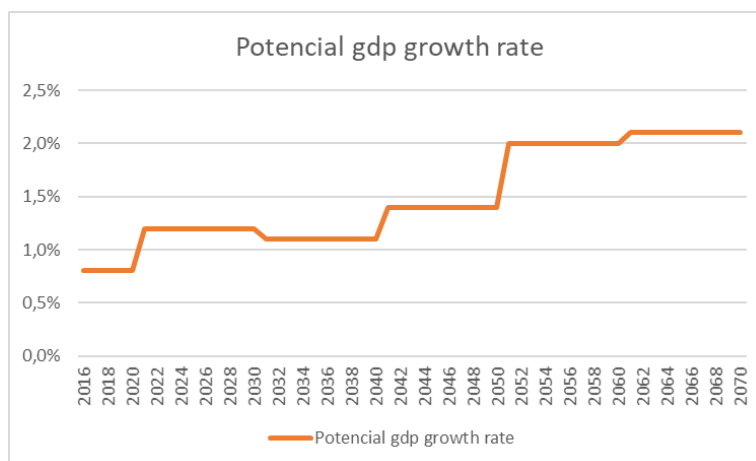
- $I_t^S$ : Tasa del crecimiento del PIB en el periodo t y escenario s.
- $\mu_t$ : Media prevista para el periodo t.
- $\lambda_t^S$ : Residuo  $N(0,1)$  diferente para cada periodo t y escenario s.
- $\sigma_I$ : Desviación típica de la tasa del crecimiento del PIB desde el año 1996 hasta 2019.

Gracias a este modelo fundamentado en un movimiento browniano aditivo, se consigue generar escenarios, en los cuales la tasa de variación del PIB depende de una



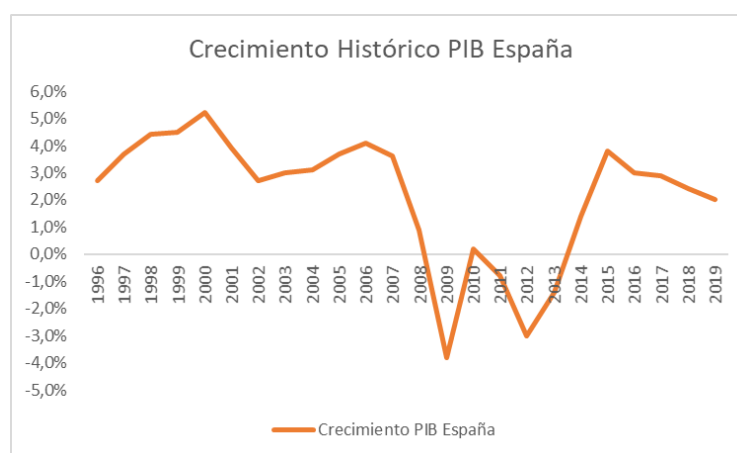
estimación del mismo indicador al que se le añade un factor de dispersión compuesto por un elemento aleatorio y la desviación típica histórica.

Para los datos de  $\mu_t$  se han seleccionado los datos ofrecidos por la UE, European Commission, (2018). Donde las estimaciones de la tasa de crecimiento del PIB hasta el año 2070 son las siguientes.



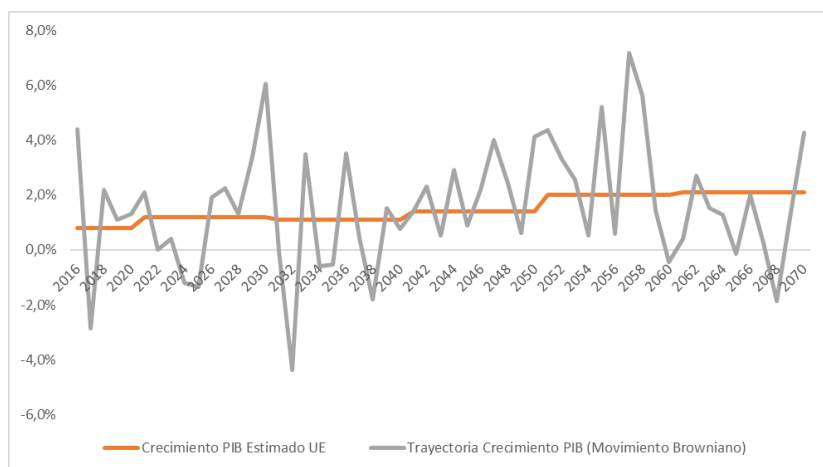
**Gráfico 21:** Estimación Tasa de Crecimiento PIB. **Fuente:** UE

Además, el siguiente gráfico muestra la evolución de la tasa de crecimiento del PIB en España desde el año 1996, utilizado para obtener las desviaciones típicas observadas en el pasado.



**Gráfico 22:** Crecimiento histórico PIB España. **Fuente:** INE

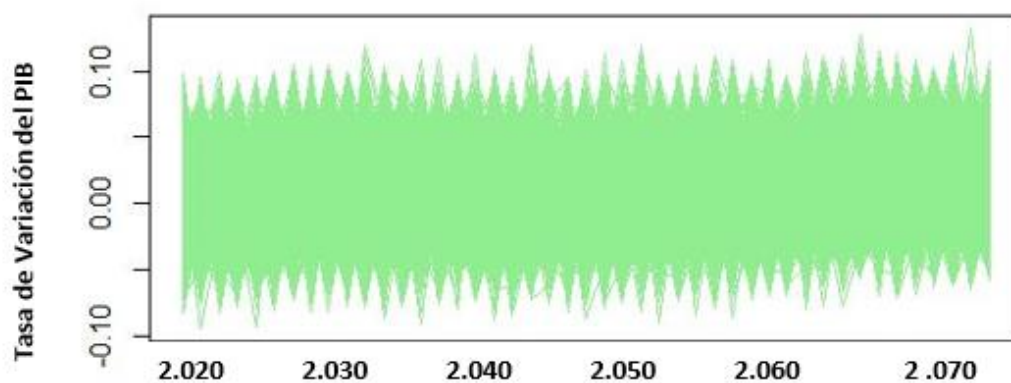
Aplicando la fórmula del movimiento browniano aditivo se obtienen trayectorias como la siguiente:



**Gráfico 23:** Simulación Movimiento Browniano Aditivo PIB España. **Fuente:** Elaboración propia

En el gráfico se puede observar cómo en la trayectoria simulada (en color gris) mediante el método del movimiento browniano aditivo se consigue una volatilidad que se parece más a los valores reales del pasado y que, por tanto, puede aportar valores más reales. Debido al factor aleatorio, cada proyección dará resultados distintos, por lo que habrá que realizar un gran número de simulaciones para obtener unos resultados coherentes.

Para este trabajo se han realizado 10.000 simulaciones diferentes para la tasa del crecimiento del PIB. El resultado de superponer todas las simulaciones realizadas se puede observar en el siguiente gráfico.



**Gráfico 24:** Superposición de 10.000 simulaciones de la tasa de PIB España. **Fuente:** Elaboración propia.

Se aprecia cómo salvo en casos muy puntuales, y teniendo en cuenta que el gráfico está formado por 10.000 trayectorias distintas, la tasa de variación no supera el  $\pm 10\%$ , y la gran mayoría de los datos no supera el  $\pm 5\%$ . Esto resulta relativamente similar a los datos observados en los valores históricos con respecto a esta variable.

#### **4.4. Datos**

Para el cálculo de la pensión mediante la fórmula de las cuentas nocionales se han utilizado los siguientes datos:

- **Tablas de mortalidad:** la tabla de mortalidad seleccionada es la PASEM10 que es una tabla de mortalidad elaborada en el año 2009 para la población asegurada española. Para su elaboración fue necesaria la colaboración de las grandes compañías aseguradoras que operan en España. Estas tablas de mortalidad tienen una edad límite de supervivencia de 113 años.
- **Variación del PIB:** Para la simulación de los escenarios utilizados, tal y como se ha explicado en el punto anterior, se han utilizado los datos históricos de la variación del PIB (Datos INE). Además, se ha utilizado la estimación de la variación del PIB realizada por la Unión Europea, European Commission, (2018). Con ambos datos se ha podido realizar una simulación de 10.000 escenarios distintos.

#### **4.5. Hipótesis**

Las hipótesis empleadas para el cálculo de la pensión inicial son las siguientes:

- $TC_x$ : Tipo de cotización a la edad  $x$ . Se supondrán dos bases de cotización distintas que serán constantes a lo largo del tiempo. Estas bases de cotización serán del 10% y el 15%.
- $ST_x$ : Base de cotización para la contingencia de jubilación a la edad  $x$ . Se utiliza como base de cotización el salario medio en España, 23.600 €/año brutos (Datos

INE). Se supondrá que este salario es igual a la base de cotización para la contingencia de la prestación por jubilación. Adicionalmente, se supone que este salario permanecerá constante a lo largo de la vida laboral del cotizante.

- $X_a$ : La edad de entrada al mercado laboral será a los 25 años. Se ha escogido esta edad teniendo en cuenta que cada vez más son las personas que comienzan su vida laboral de forma tardía debido a los estudios formativos superiores tales como grados, másteres, doctorados, etc.
- $X_j$ : Edad de jubilación. El cálculo de jubilación se va a realizar para tres edades distintas. Estas edades serán 65, 67 y 70 años. El objetivo es realizar una comparación de la pensión para las distintas edades de jubilación seleccionadas.
- $r_i$ : Para el tanto nocional se seleccionará la tasa de variación del PIB. Se realizará una simulación de 10.000 escenarios mediante la técnica basada en el movimiento browniano aditivo mencionado anteriormente.
- Renta vitalicia: En este trabajo se calculará el valor actual actuarial de una renta vitalicia constante y prepagable. Pese a que en la fórmula original esta renta puede estar supeditada a un crecimiento geométrico que dependa de variables como la variación del PIB o la variación de los salarios, entre otros, se decide calcular una pensión constante debido a las limitaciones que supone estimar dichas variables económicas para un futuro a tan largo plazo. Esto se debe a que una persona que en el presente tenga 25 años, y en el mejor de los casos, se jubile a la edad de 65 años, supondría tener que estimar las variables económicas para dentro de 40 años en adelante, lo que resulta muy poco fiable. Además, los resultados no variarán mucho de un cálculo a otro.
- Tipo de interés técnico: para el cálculo de la renta se utilizará un tipo de interés técnico del 3%, Boado et al., (2007).

- Tablas de mortalidad: para el cálculo de la renta vitalicia temporal prepagable se utilizará la tabla de mortalidad PASEM10.
- En la literatura relacionada con las cuentas nocionales se propone repartir los capitales acumulados entre los individuos supervivientes de una misma generación, Vidal-Meliá et al., (2020). Por lo que en este trabajo se va a desarrollar esta idea, y se va a calcular cual sería el efecto sobre las pensiones de jubilación de esta mutualización de las aportaciones.

#### **4.6. Resultados**

Para analizar los resultados correctamente hay que tener en cuenta que la Tasa de sustitución o Tasa de Reemplazo se define como el porcentaje que supone la pensión de jubilación sobre el último sueldo percibido en la etapa laboral, de la Fuente, (2004). Esta tasa es interesante ya que mide cuánto deja de percibir un trabajador con la prestación de jubilación en relación con su último salario. Cuanto mayor sea esta tasa, menor será la pérdida de riqueza que sufrirá el trabajador como consecuencia de la contingencia de jubilación. Hay que tener en cuenta que la tasa de sustitución en España para el año 2018 es del 75% para los hombres y del 50% para las mujeres (INE 2018). España disfruta de una de las tasas de sustitución más altas de Europa. Para la comparación de resultados en este trabajo se tendrá como referencia la tasa de sustitución de los hombres en España, ya que se espera que en las jubilaciones futuras esta tasa de sustitución para mujeres aumentará debido a su mayor presencia en el ámbito laboral, que sin duda seguirá creciendo en los próximos años.

Los resultados se han obtenidos a partir de un programa realizado en RStudio. El script de dicho programa está incluido en el anexo para su consulta. Los datos que se muestran en este apartado tienen en común ser el resultado de un salario fijo de 23.600€ al año para un trabajador que comienza a trabajar a los 25 años y que causa una prestación por jubilación constante hasta el fallecimiento. Además, los datos ofrecidos son los resultados medios obtenidos por las 10.000 simulaciones realizadas para el cálculo de la prestación de jubilación.

Tipo de Cotización	Edad de Jubilación	Prestación Jubilación	Tasa de Sustitución
<b>10%</b>	65 años	9.418,85	39,9%
	67 años	10.892,75	46,2%
	70 años	13.749,84	58,3%

**Tabla 1:** Resultados cálculo jubilación con 10% de tipo de cotización (Cuentas Nocionales). **Fuente:** Elaboración propia.

La tabla anterior contiene los resultados para la prestación de jubilación y la tasa de sustitución para el tipo de cotización del 10%.

Como es evidente a medida que la edad de jubilación se retrasa la prestación de jubilación aumenta y, consecuentemente, la tasa de sustitución también aumenta. La tasa de sustitución para la edad de jubilación de 65 años es de 39,9% y supondría una renta de 9.428,85 €/año. Sin embargo, la tasa de sustitución para un individuo con la misma renta que se jubile a los 70 años asciende al 58,3%. Esta diferencia tan notable se debe a que, por un lado, el individuo con mayor edad estaría cotizando cinco años más que el de menor edad de jubilación, esto implica que además cobraría 5 años menos de renta de acuerdo con la esperanza de vida. Como consecuencia la diferencia de la tasa de sustitución entre ambos de 18,4 puntos porcentuales (en adelante p.p.).

Existe una diferencia considerable entre las tasas de sustitución que muestra la tabla 1 comparada con la tasa de sustitución de España actual. Hay que tener en cuenta que para el año 2018 la edad de jubilación más habitual en España es a los 65 años. Por tanto, el cambio hacia un sistema de pensiones basado en las cuentas nocionales, si la edad de jubilación fuese a los 65 años, supondría una considerable reducción en la tasa de sustitución de 35,1 p.p. Esto conllevaría una pérdida de la renta disponible muy elevada para los jubilados.

Para reducir las consecuencias que supondría la pérdida de renta disponible al cambiar de un sistema de pensiones a otro, se podría compensar en cierta medida con un aumento de la edad de jubilación, ya sea a los 67 o a los 70 años. Cuanto mayor sea la edad de jubilación, menor será la pérdida de renta disponible. Otro aspecto a tener en cuenta es que la esperanza de vida aumentará y, por tanto, no será lo mismo jubilarse a los 65 años en el 2018 que en el año 2065. Si el trabajador se jubilara a los 67 años la pérdida de la

tasa de sustitución, con respecto al sistema de pensiones actual, sería del 28,8 p.p., y si la edad de jubilación fuese a los 70 años esta diferencia se reduciría a 16,7 p.p.

En los siguientes histogramas se puede observar la distribución de las rentas por jubilación de las simulaciones realizadas en función de los distintos escenarios para un tipo de cotización del 10% por edad de jubilación.



**Gráfico 25:** Distribución prestaciones por jubilación (65, 67 y 70 años). **Fuente:** Elaboración propia.

Se puede apreciar como para el caso de la jubilación a los 65 años, en el 90% de los escenarios simulados, se contempla una prestación por jubilación de entre 8.000 y 11.000 euros anuales. En términos de tasa de reemplazo oscilarían entre el 33,8% y el 41,8%. Análogamente, para el caso de la jubilación a los 70 años, en el 90% de los posibles escenarios se disfrutaría de una pensión de entre 11.500 y 16.000 €, lo que supondría una tasa de sustitución de entre 48,7% y el 67,8%.

En la siguiente tabla se muestran los resultados teniendo en cuenta un tipo de cotización del 15%.

Tipo de Cotización	Edad de Jubilación	Prestación Jubilación	Tasa de Sustitución
<b>15%</b>	65 años	14.128,28	59,9%
	67 años	16.339,12	69,2%
	70 años	20.624,76	87,4%

**Tabla 2:** Resultados cálculo jubilación con 15% de tipo de cotización (Cuentas Nocionales). **Fuente:** Elaboración propia.

Los resultados para el cálculo de la pensión con un tipo de cotización del 15% parecen positivos.

En primer lugar, se puede observar cómo la pensión media que se causaría a la edad de jubilación de 65 años sería de 14.128,28 €, lo que supondría aproximadamente un 60%

de la última renta como trabajador. Esta tasa aumenta hasta el 69,2% a la edad de jubilación de 67 años. Finalmente, si la edad de jubilación se causa a los 70 años se dispondría de una pensión de jubilación de 20.624,76 € de media, lo que supondría un 87,4% de tasa de reemplazo.

Se considera que los resultados son buenos ya que la diferencia con la tasa de sustitución actual a la edad de jubilación de 65 años sería de 15,1 p.p. Esta diferencia se reduciría a 5 p.p. si la pensión se comenzase a percibir a los 67 años. El dato más optimista de todos es la tasa de sustitución para una persona que se jubile a los 70 años que ascendería al 87,4%. Por tanto, si la edad de jubilación aumentase hasta los 70 años, la pérdida de poder adquisitivo sería mínima.

En los siguientes histogramas se puede observar la distribución de las rentas por jubilación de las simulaciones realizadas en función de los distintos escenarios para un tipo de cotización del 15% por edad de jubilación.



**Gráfico 26:** Distribución prestaciones por jubilación (65, 67 y 70 años). **Fuente:** Elaboración propia.

Para el caso de la jubilación a los 65 años en el 90% de las simulaciones realizadas se disfrutaría de una pensión de entre 11.500 y 16.500 € al año, lo que se traduce a disfrutar de una tasa de sustitución entre el 48,7% y el 69,7%. Si la edad de jubilación fuese a los 67 años, el 90% de los escenarios comprenderían una pensión entre 13.000 y 18.000 € al año, lo que correspondería a unas tasas de sustitución entre el 55% y 76%. Por último, si la edad para causar la pensión de jubilación ascendiese a los 70 años en el 90% de los escenarios se estima una renta entre 16.500 y 23.500 € al año, por lo que la tasa de reemplazo oscilaría entre el 70% y 99,6%.

No obstante, cómo se ha explicado anteriormente, los cálculos se han realizado con la tabla de mortalidad PASEM, cuya elaboración se realizó en el año 2009. Las previsiones apuntan a un considerable aumento de la esperanza de vida en el próximo siglo, por lo que se corre un gran riesgo de longevidad. Es de necesaria consideración este riesgo de



longevidad, por lo que, para este trabajo, se han calculado adicionalmente los resultados obtenidos bajo un escenario estresado. Para ello se ha tomado una reducción de la mortalidad del 20%. Esto permitirá tener unos resultados más fiables. Los resultados bajo la condición de este entorno estresado son los siguientes:

Tipo de Cotización	Edad de Jubilación	Prestación Jubilación	Tasa de Sustitución
<b>10%</b>	65 años	8.817,65	37,4%
	67 años	10.137,46	43,0%
	70 años	12.663,85	53,7%
<b>15%</b>	65 años	13.226,47	56,0%
	67 años	15.206,19	64,4%
	70 años	18.995,78	80,5%

**Tabla 3:** Resultados cálculo jubilación con tasas de mortalidad estresadas (Cuentas Nacionales).

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla anterior, donde se muestran los resultados originados como consecuencia de someter los datos a un escenario estresado en términos de longevidad, se puede apreciar una ligera reducción de las prestaciones de jubilación y, por ende, de las tasas de sustitución. Esto es de esperar ya que, si disminuye la mortalidad, la esperanza de vida aumentará y, por tanto, habrá que repartir el capital acumulado durante más años.

Aunque estos datos han disminuido ligeramente, lo cierto es que no son nada negativos. En un escenario en el cual la tasa de mortalidad fuese inferior, como cabe esperar, la tasa de sustitución podría llegar a ser hasta del 80,5% de media. Resulta lógico pensar que si se diese esta circunstancia lo más recomendable sería elevar la edad de jubilación. Por lo que, para jubilaciones comprendidas entre los 67 y 70 años se podrá disfrutar de una tasa de reemplazo entre el 43% y 53%, en el caso de que la cotización sea del 10%. Incluso la tasa de sustitución podría llegar a ser de entre el 64% al 80% de media si la cotización fuese del 15%.

Todos los resultados anteriores pueden ser mejorados, si se diese el caso de la mutualización de los capitales acumulados. Bajo este supuesto, los individuos que sobreviven no solo disfrutarían del capital acumulado durante su vida profesional, sino que disfrutarían de la parte proporcional de lo aportado por individuos de su misma generación que han fallecido.

Los resultados ofrecidos bajo la hipótesis de mutualización se han calculado teniendo en cuenta una población en la que hay 200.000 individuos ocupados. Todos los individuos tendrán una base de cotización de 23.600 €. Además, todos los individuos pertenecen a la misma generación y tienen 25 años cuando se incorporan al mercado laboral. La idea consiste en que los individuos que lleguen a las distintas edades de jubilación propuestas se repartan los capitales acumulados de aquellos que han fallecido. En este caso se ha utilizado la tabla de mortalidad PASEM sin estresar. Los resultados son los siguientes:

Tipo de Cotización	Edad de Jubilación	Prestación Jubilación	Tasa de Sustitución
<b>10%</b>	65 años	10.506,10	44,5%
	67 años	12.325,60	52,2%
	70 años	16.039,72	68,0%
<b>15%</b>	65 años	15.759,16	66,8%
	67 años	18.488,40	78,3%
	70 años	24.059,58	101,9%

**Tabla 4:** Resultados cálculo jubilación con mutualización (Cuentas Nocionales).

**Fuente:** Elaboración propia.

Se puede apreciar como las prestaciones de jubilación y la tasa de sustitución han aumentado con respecto a los resultados originales. En este caso la menor tasa de sustitución media sería del 44,5%, que sería la correspondiente a un individuo que se jubile a los 65 años y cotice el 10%. Por el contrario, cabe destacar cómo la tasa de sustitución supera el 100% para aquellos individuos que se jubilen a los 70 años y con una base de cotización del 15%. Es decir, con el efecto de la mutualización, se puede conseguir que la pensión de jubilación sea igual al último salario como trabajador, lo que implicaría que no habría ninguna reducción en el poder adquisitivo.

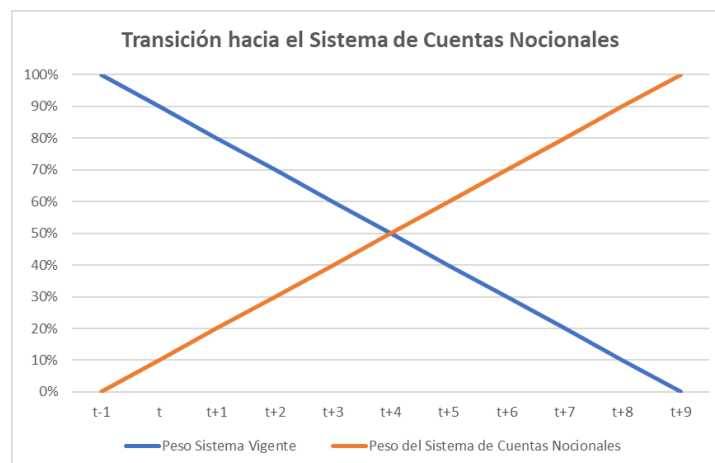
Las políticas podrían ser diversas, desde una política que pretenda maximizar la tasa de sustitución, la cual consistiría en aplicar una base de cotización más alta y elevar la edad de jubilación hasta los 70 años. Otra posibilidad es aprovechar el efecto del mutualismo para evitar que la edad de jubilación sea mucho más alta en relación con la actual. En ese sentido se podría disfrutar de una tasa de sustitución de hasta el 78% de media si la jubilación fuese a los 67 años de edad y con un tipo de cotización del 15%. Esta tasa de sustitución superaría a la tasa de reemplazo actual en España que es del 75% para los hombres.

## ***5. TRANSICIÓN HACIA UN SISTEMA DE PENSIONES POR JUBILACIÓN BASADO EN CUENTAS NOCIONALES***

En el supuesto de adoptar el sistema de cálculo de las pensiones por jubilación basado en las cuentas nocionales, este no puede aplicarse inmediatamente, sino que requiere de un periodo de transición amplio. Este periodo debe ser lo suficientemente flexible como para permitir la adaptación progresiva del sistema de prestación definida actual al nuevo sistema basado en las cuentas nocionales.

En primer lugar, es importante la comunicación de la intención del cambio del sistema de pensiones con la suficiente antelación para tener bien definido el año en el que comenzaría esta transición y después determinar con exactitud el año en el que dicha transición termine y quede instaurado el nuevo sistema, además de las posibles consecuencias que pueda tener la implantación del mismo para aquellas personas cercanas a la edad de jubilación. En la literatura hay diversas proposiciones acerca de cómo debe ser esta transición, pero la gran mayoría coinciden en que debe de ser progresiva.

Una solución puede ser una transición realizada a 10 años, en la que para el cálculo de la pensión se tenga en cuenta los cálculos procedentes de ambos modelos, es decir, calcular una parte de la pensión mediante el modelo de prestación definida, y otra parte mediante el cálculo de las cuentas nocionales. Para cada año de transición el porcentaje de la prestación definida debe reducirse y, paralelamente, el peso de las cuentas nocionales ha de ser cada vez mayor, Devesa, (2020). Para ello se incrementará un 10% anual el peso de las cuentas nocionales, a la vez que el peso del cálculo por prestación definida se reduce en la misma proporción.



**Gráfico 27:** Transición hacia el Sistema de Cuentas Nacionales. **Fuente:** (Devesa, 2020).

Como se puede observar en el gráfico anterior, este sistema de transición permitiría establecer un sistema de pensiones por jubilación basado íntegramente en las cuentas nacionales en un plazo de 10 años. Este plazo podría modificarse en función de la celeridad con que se quiera instaurar el nuevo sistema. Otros artículos, Boado et al., (2007) proponen realizar esta transición en un periodo de 30 años, por lo que la transición sería más suave y escalonada.

## ***6. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE UN SISTEMA DE CUENTAS NOCIONALES***

Las principales ventajas de un sistema de pensiones basado en las cuentas nacionales son las siguientes:

- Establecen un equilibrio actuarial: se tiene en cuenta la esperanza de vida para el cálculo de la pensión, por lo que si la esperanza de vida aumenta la renta será menor.
- Establece un equilibrio financiero: las proyecciones sobre el crecimiento económico, o de otras variables económicas, determinarán el capital acumulado, por lo que si la economía va bien esta aumentará y, si por el contrario la economía sufre una recesión, esta disminuirá.
- Es posible calcular la deuda implícita acumulada de forma más sencilla, Vidal-Meliá et al., (2002). Mientras que las aseguradoras y bancos cumplen con exhaustivas normas para la provisión de deudas futuras, el Gobierno no tiene

que cumplir con este tipo de normativas, por lo que las cuentas nocionales, al menos, ayudarían a que este cálculo sea más sencillo.

- Existe menor desincentivo al trabajo, Palmer, (1999). Esto se debe a que las cuentas nocionales son percibidas por los individuos como un ahorro de su capital hacia el futuro, y no como un impuesto.
- Mejora la credibilidad política, Vidal-Meliá et al., (2002). Esto se debe a que como se ha comentado anteriormente el crecimiento del capital acumulado aumenta a medida que lo hagan los factores económicos, por lo que reduce las decisiones políticas.

Sin embargo, las cuentas nocionales también poseen las siguientes desventajas:

- El sistema de cuentas nocionales permitirá la sostenibilidad del sistema de pensiones una vez esté establecido íntegramente. Hasta ese momento el desequilibrio seguirá aumentando, aunque de forma decreciente.
- Aunque se tienen en cuenta las tasas de mortalidad para el cálculo de las pensiones, las cuentas nocionales no eliminan por completo los riesgos asociados a los cambios de la demografía, Rodado-Cebrián et al., (2016).
- Existen riesgos asociados a los datos macroeconómicos inesperados. Personas que realicen sus aportaciones en un hipotético periodo de recesión podrían causar su prestación en un momento de la economía creciente y por tanto se vería reducido su bienestar.
- Si la edad de jubilación pudiese ser elegida por los trabajadores de forma individual hay estudios como Palmer, (2001), en el que se sostiene que los trabajadores tienden a jubilarse lo antes posible. Esto podría provocar la existencia de una cotización mínima.
- Puede resultar injusto gravar de la misma forma a los trabajadores jóvenes que a los que les queda poco para alcanzar la edad de jubilación, Valdés-Prieto, (2001).

## **7. CONCLUSIÓN**

En este trabajo se ha realizado un breve análisis sobre la evolución demográfica española, desde principios del siglo XXI y su proyección hasta finales de siglo. Se ha mostrado cómo el envejecimiento de la población es un hecho constatado debido fundamentalmente al gran aumento de la esperanza de vida como resultado del gran avance científico-médico y el bajo número de nacimientos en el país.

Seguidamente, se ha realizado un análisis de la situación económica de la Seguridad Social, dónde se ha puesto de manifiesto la mala situación de la institución provocada fundamentalmente por la crisis económica que ha golpeado duramente a España durante la última década. Como consecuencia, se ha gastado prácticamente todo el Fondo de Reserva acumulado para hacer frente a las obligaciones futuras.

Debido a los dos sucesos descritos anteriormente, el envejecimiento de la población y el desgaste económico de la Seguridad Social, parece necesario afrontar nuevas medidas que permitan asegurar el futuro de las pensiones del país. Se propone un cambio en el modelo de cálculo de las prestaciones de jubilación. El modelo propuesto se basa en las Cuentas Nacionales, las cuales permitirían un mayor equilibrio económico y actuarial del sistema de pensiones debido a la naturaleza de su método, consistente en recoger las aportaciones individuales de cada trabajador e integrarle los rendimientos ficticios que se han ido generando a lo largo de la vida laboral. Con el capital acumulado en el año de jubilación se realiza la equivalencia actuarial pertinente para calcular la cuantía de la prestación periódica que recibirá el jubilado, Vidal-Meliá et al., (2002).

Se ha realizado una estimación de la cuantía de prestación por jubilación para un individuo que comienza a trabajar a los 25 años y que tiene un salario igual al salario medio actual de España que corresponde a 23.600 € anuales. Además, se ha realizado una simulación del crecimiento del PIB en España a lo largo del próximo siglo, ya que se trata de la variable elegida como tanto nocional, y a partir de la cual el capital acumulado se incrementa o reduce a lo largo del tiempo. Para dicha estimación del crecimiento del PIB se ha utilizado la técnica matemática denominada Movimiento Browniano Aditivo y se han generado 10.000 escenarios distintos.

Los resultados del cálculo de las pensiones resultan positivos ya que, por ejemplo, para una edad de jubilación de 67 años y un porcentaje de cotización para la jubilación del 15% se obtendría una tasa de sustitución, que se define como el porcentaje que supone la pensión de jubilación sobre el último sueldo percibido en la etapa laboral, de la Fuente, (2004), de más del 65%. Si esta edad de jubilación ascendiese a los 70 años, esta tasa de reemplazo superaría el 80%. Unos datos muy positivos teniendo en cuenta que la tasa de sustitución actual en España es del 75% para los hombres y del 50% para las mujeres.

Adicionalmente, se ha incluido un cálculo de la pensión de jubilación teniendo en cuenta el concepto de mutualización, que consiste en repartir las aportaciones de todos los individuos fallecidos, que por tanto no han llegado a la edad de jubilación, entre todos los individuos supervivientes pertenecientes a la misma generación. Esto hace que las prestaciones aumenten considerablemente y se podría llegar a una tasa de sustitución media del 100% si la edad de jubilación fuese de 70 años y con un tipo de cotización del 15%. Se considera muy positivo ya que en este caso no habría ninguna pérdida de poder adquisitivo como consecuencia de la contingencia de jubilación.

A raíz de los datos obtenidos, no cabe duda de que las Cuentas Nacionales pueden ser una alternativa al cálculo de las pensiones de jubilación ya que aportarían ventajas como el equilibrio financiero y actuarial, un menor desincentivo al trabajo y una mayor credibilidad política.

### ***Agradecimientos***

Quiero agradecer a mi familia, amigos y, en especial, a Almudena Fdez. Sanchidrián, el apoyo y confianza que me han proporcionado durante la elaboración de este trabajo y mi transcurso por el Máster de Ciencias Actariales y Financieras, el cual me ha ayudado enormemente a mi desarrollo académico, profesional y, sobre todo, personal.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. **Ayuso, M., & Holzmann, R. (2014).** Natalidad, pirámide poblacional y movimientos migratorios en España: su efecto en el sistema de pensiones. Documentos de trabajo del Instituto BBVA de pensiones, 8, 1-18.
2. **Boado Penas, M., Domínguez-Fabián, I., Valdés-Prieto, S., & Vidal-Meliá, C. (2007).** Mejora de la equidad y sostenibilidad financiera del sistema público español de pensiones de jubilación mediante el empleo de cuentas nocionales de aportación definida (NDCs).
3. **Boado-Penas, M. E. C., Dominguez-Fabian, I., & Vidal-Meliá, C. (2007).** Notional defined contributions (NDC): Solvency and risk in Spain. *International Social Security Review*, 60(4), 105-127.
4. **Cichon, M. (1999).** Notional defined-contribution schemes: Old wine in new bottles? *International Social Security Review*, 52(4), 87-105.
5. **Conde-Ruiz, J. I., & González, C. I. (2015).** Challenges for Spanish Pensions in the early 21st Century. *CESifo DICE Report*, 13(2), 20-24.
6. **Crespo, M. A., Álvarez-Santullano, M. M., & López-Corrales, F. (2014).** El Fondo de Reserva de la Seguridad Social y su papel en la sostenibilidad del sistema de pensiones. *CIRIEC-España, Revista de economía pública, social y cooperativa*, (80), 186-218.
7. **Cuadrado, P. (2014).** Evolución reciente y proyecciones de la población en España. *Boletín Económico del Banco de España*, (49).
8. **De la Fuente Lavín, M. (2004).** La tasa de sustitución de las pensiones. *Lan harremanak: Revista de relaciones laborales*, (10), 55-76.
9. **de La Fuente, A., Díaz, M. A. G., & Sánchez, A. R. (2017).** La salud financiera del sistema público de pensiones español. Análisis retrospectivo, proyecciones de largo plazo y factores de riesgo. *Fedea Estudios de Economía Española*, 4.
10. **Devesa, J. E., & Domenech, R. (2020).** Las cuentas nocionales como mecanismo de disciplina. *Pensiones del Futuro Instituto Santa Lucía*, 64-75.
11. **Domínguez Fabián, I., Olmo García, F. D., & Herce, J. A. (2017).** Reinventando la Seguridad Social: hacia un sistema mixto de pensiones “por etapas”.
12. **Eurostat (2020)** (ec.europa.eu)
13. **European Commission. (2018).** “The 2018 Ageing Report: Economic and Budgetary Projections for the EU Member States (2016-2070). Institutional Paper No. 79. Luxembourg: Publications Office of the European Union.



14. **Garvi, M., & Peláez Herreros, O. (2009).** Proyección a largo plazo de la esperanza de vida en España. *Estadística española*, 51(170), 193-219.
15. **Instituto Nacional de Estadística INE (2020)** ([www.ine.es](http://www.ine.es))
16. **Muñoz, M. M. (2000).** Estructura demográfica y sistemas de pensiones. Un análisis de equilibrio general aplicado a la economía española. *Investigaciones económicas*, 24(2), 297-327.
17. **Palmer, E. (1999).** Exit from the Labor Force for Older Workers: Can the NDC Pension System Help? *The Geneva Papers on Risk and Insurance* 22 (4), 461-472.
18. **Palmer, E. (2001).** Financial stability and individual benefits in the Swedish pension reform model. *Asociación Internacional de la Seguridad Social, Seminario de Actuarios y Estadísticos*, Montevideo, 21-22 de noviembre de 2001.
19. **PASEM** (<https://unespa-web.s3.amazonaws.com/main-files/uploads/2017/06/Tablas-mortalidad-PASEM2010.pdf>)
20. **Perez Díaz, J. (2010).** El envejecimiento de la población española.
21. **San Miguel, B., & Gonzalez, M. J. (2001).** El envejecimiento de la población española y sus consecuencias sociales. *Cuadernos de trabajo social*, 9, 19-45.
22. **Sánchez Pastor, P. (2013).** Evolución reciente de la población en España y proyecciones a corto y largo plazo. *Boletín económico/Banco de España*, enero 2013.
23. **Valdés-Prieto, S. (2001)** La estabilidad financiera de las pensiones basadas en cuentas nocionales. *Notas de Población de la CEPAL* 72, 39-71.
24. **Vidal-Meliá, C. V., Carpio, J. E. D., & García, A. L. (2002).** Cuentas nocionales de aportación definida: fundamento actuarial y aspectos aplicados. In *Anales del Instituto de Actuarios Españoles* (No. 8, pp. 137-188). Instituto de Actuarios Españoles.
25. **Vidal-Meliá, C., & Domínguez-Fabian, I. (2005).** The Spanish pension system: Issues of introducing notional defined contribution accounts (No. 0504006). University Library of Munich, Germany.
26. **Vidal-Meliá, C., Ventura-Marco, M., & Pla-Porcel, J. (2020).** An NDC approach to helping pensioners cope with the cost of long-term care. *Journal of Pension Economics & Finance*, 19(1), 80-108.

## 9. ANEXOS

### SCRIPT RSTUDIO

```
1
2
3 ▾ ##### MOVIMIENTO BROWNIANO #####
4
5 #Carga de datos historicos y de predicción
6
7
8 #Carga de datos Tasa de Crecimiento del PIB.
9
10 library(readxl)
11 historico <- read_excel("",sheet = "Historico PIB")
12
13 prediccion<- read_excel("", sheet = "Prediccion")
14
15
16 #Cálculo de volatilidad y media
17
18 vol<- as.vector(var(historico)^0.5);vol
19 mu<-unlist(prediccion[2])
20 años_proyeccion<-unlist(prediccion[1])
21
22
23 #Función que genera las proyecciones
24 set.seed(123)
25 ▾ generador.escenarios<-function(años, mu, sigma){
26   lambda<-rnorm(años)
27   VGDP<- mu+sigma*lambda
28   unlist(VGDP)
29 }
30
31 ▾ ##### RENTA VITALICIA #####
32
33 #Tabla mortalidad PASEM
34
35 pasem1<-c(0.005807,0.000418,0.000349,0.000287,0.000236,0.0002,0.000177,
36           0.000165,0.000159,0.000159, 0.000169,0.000191,0.000232,0.000294,
37           0.000379,0.000486,0.000604,0.00072,0.000719,0.000732,0.000748,
38           0.000765,0.000785,0.000803,0.000819,0.00083,0.000831,0.000823,
39           0.000807,0.000785,0.000767,0.000755,0.000755,0.000774,0.000818,
40           0.000888,0.000974,0.00107,0.00117,0.001274,0.001389,0.00153,
41           0.00171,0.001927,0.002173,0.002439,0.002727,0.003048,0.003393,
42           0.003774,0.004187,0.004634,0.005092,0.005572,0.006094,0.006676,
43           0.0073,0.007959,0.008602,0.009213,0.009793,0.01035,0.010892,
44           0.011451,0.012051,0.012703,0.014059,0.015664,0.017562,0.019807,
45           0.02246,0.025605,0.029354,0.033833,0.039202,0.045637,0.053345,
46           0.062555,0.073532,0.086547,0.096814,0.108179,0.120688,0.134417,
47           0.149484,0.166049,0.184195,0.203925,0.22515,0.247704,0.271358,
48           0.295823,0.320854,0.346242,0.371835,0.39755,0.423336,0.449171,
49           0.475035,0.500918,0.526808,0.583877,0.618746,0.654849,0.692209,
50           0.730838,0.770736,0.811884,0.854241,0.897733,0.942245,0.987609,1)
51
52 #Escenario estresado
53 pasem1 <- pasem1*0.8
54
55
56 #Cálculo de los Lx
57 L<-numeric()
58 L[1]<- 1000000*(1-pasem1[1])
59
60 for (i in 2:113) { L[i] <- L[i-1]*(1-pasem1[i])}
61
62
63 #renta vitalicia
64 ax<-function(x,i) {t<-c(0:(113-x-1));sum((1+i)^(-t)*(L[x+t]/L[x]))}
65 renta_vitalicia <- ax(70,0.03);renta_vitalicia
```

```

66 ▾ ##### CÁLCULO DE LA PENSIÓN #####
67
68 salarios <- rep(23600, 40);
69 aportacion <- 0.15
70 TCST <- salarios*aportacion;
71
72
73 ▾ interes.acumulado<-function(x){
74   t<-2:length(x)
75   a<-1+x[1]
76 ▾   for (i in t){
77     a<-c(a,a[i-1]*(1+x[i]))
78   }
79   a
80 }
81
82 n.simulaciones<-10000
83 tabla.resultados<-c()
84
85 ▾ for (i in 1:n.simulaciones){
86   escenario<-generador.escenarios(length(años_proyeccion) ,mu,vol)
87
88   acum<-interes.acumulado(escenario)
89   cuenta_nocional <- sum(TCST*acum)
90
91   pension <- cuenta_nocional/renta_vitalicia
92
93   tasa_sustitucion <- pension/23600
94   resultados <- cbind(pension,tasa_sustitucion)
95   tabla.resultados<-rbind(tabla.resultados,resultados)
96 }
97
98 summarv(tabla.resultados)

```